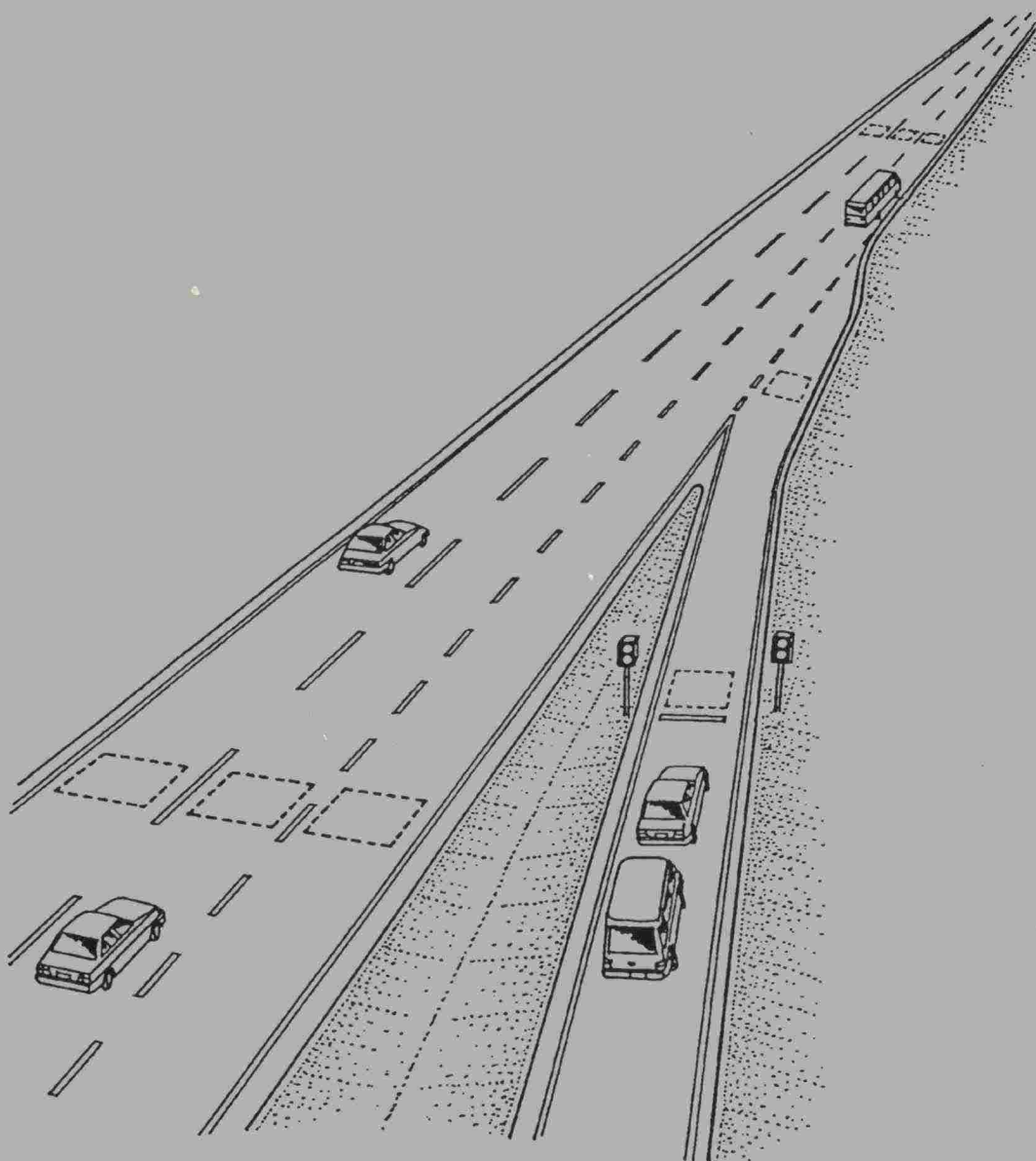




**Tielaitos**

# Ramppiohjausselvitys



**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**40/1991**

Helsinki 1991

**Tiehallitus**  
Kehittämiskeskus

Tielaitoksen selvityksiä  
40/1991

## **Ramppiohjausselvitys**

**Tielaitos**  
Tiehallitus, kehittämiskeskus

Helsinki 1991

ISBN 951-47-4990-1  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200036  
Valtion painatuskeskus  
Pasilan VALTIMO  
Helsinki 1992

Julkaisua myy  
Tiehallitus, painotuotevarasto

**Tielaitos**

Tiehallitus  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde (90) 148 721

## YHTEENVETO

Ramppiohjaus on yksi laajimmin käytetyistä liikenteen hallinta- ja ohjausmenetelmistä sen hyvien käyttökokemusten ansiosta. Yksinkertaistettuna ramppiohjaus tarkoittaa liikennevalojen sijoittamista moottoritien ramppeihin, jolloin pystytään säätelemään moottoritielle pääsevää liikennemäärää. Ramppiohjaus on osoittautunut kannattavaksi menetelmäksi vähentää matka-aikoja, ajoneuvoviivytyksiä ja ruuhkautumisen aiheuttamia onnettomuuksia.

Tämän raportin alussa luodaan yleiskatsaus moottoritien liikenteen hallinta- ja ohjausjärjestelmiin ja esitellään järjestelmän osat. Raportti keskittyy ramppiohjaukseen, joka on yksi moottoritien liikenteen hallinta- ja ohjausjärjestelmä. Kolmannessa osassa käsitellään ramppiohjauksen kustannuksia ja hyötyjä. Mukana on mm. kaksi esimerkkitapausta ramppiohjausjärjestelmän käyttöönottokustannuksista. Raportin viimeisessä osassa annetaan suosituksia ramppiohjauksen käytöstä Suomessa.

Liikenteen hallinta- ja ohjausjärjestelmien perustavoitteena on saavuttaa tien optimaalinen liikenteen välityskyky. Useat liikenteen ohjausmenetelmät ovat osoittautuneet tehokkaiksi moottoriteliikenteen parantamisessa. Näitä menetelmiä ovat mm. ramppiohjaus, muuttuvat opasteet, radiotiedotukset, joukko-liikenteen etuisuudet, TV-valvonta, häiriöiden havaitseminen jne.

Liikenteen ohjausmenetelmiä voidaan käyttää joko yksittäin tai yhdessä, jotta pystyttäisiin hyödyntämään tehokkaammin moottoritien välityskyky. Ohjausjärjestelmän hyötyjä ovat mm. lyhyemmät matka-ajat, tasaisempi liikennevirta, vähentyneet onnettomuudet ja tien suurempi välityskyky. Haittoina ovat järjestelmän kustannukset, viivytykset moottoritielle pyrkijöille, liikennepoliittisia ongelmia, ja mahdollisesti se, että autoilijat eivät hyväksy ohjausta.

Esimerkkeinä ramppiohjauksesta esitellään Englannin ensimmäinen ramppiohjausjärjestelmä, Birminghamin M6 moottoritiellä, ja ensimmäinen järjestelmä Minneapolista, Minnesotasta (USA).

Suomessa on suunnitteilla useita korkealuokkaisia pääväyliä taajamiin. Ne vaativat korkealuokkaista liikenteen ohjausta.

Ennen toteuttamista olisi järkevää kerätä käytännön kokemuksia liikenteen ohjausjärjestelmien ja niihin kuuluvien laitteiden toiminnasta pienemmässä mittakaavassa. Esimerkiksi Länsiväylä tarjoaa hyvän mahdollisuuden tällaisen järjestelmän toteuttamiseen. Ramppiohjausjärjestelmällä voitaisiin saavuttaa todellisia hyötyjä ja samalla kerätä käytännön kokemusta, jota voidaan soveltaa ja ylläpitää laajojen järjestelmien yhteydessä.



## ESIPUHE

Raportissa on käsitelty ramppiohjausta ja sen käyttöä osana moottoriteiden liikenteen hallintaa ja ohjausta. Raportti pohjautuu ramppiohjauksesta olevaan kirjallisuuteen sekä Euroopassa ja Yhdysvalloissa olevien järjestelmien kokemuksiin. On kuitenkin huomattava, että liikenteen ohjausta ja liikennevirtateorioita kehitetään koko ajan tutkimusten ja kokemusten perusteella. Raportissa esitellyt järjestelmät pohjautuvat HCM:n vanhaan liikennevirtateoriaan.

Raportissa keskitytään lähinnä ramppiohjauksen nykytilan kuvaamiseen. Lisäksi käsitellään ramppiohjauksen periaatteita, sovelluksia ja käytössä olevia laitteistoja, sekä ramppiohjauksen asemaa moottoriteiden liikenteen ohjauksessa.

Lisäksi käsitellään ramppiohjauksen vaikutusta toiminnallisen tehokkuuden ja hyöty/kustannussuhteen kannalta. Raportissa käsitellään myös ramppiohjauksen mahdollisista käyttöä Suomessa.

Raportti on tehty tiehallituksen kehittämiskeskuksen toimeksiannosta Viatek Tapiolassa. Selvityksen on tehnyt insinööri Randall Pearson yhdessä dipl.ins. Ralf Granlundin kanssa. Raportti tehtiin alunperin englannin kielellä. Suomenkielisen käännöksen on tehnyt fil.maist. Tuija Halonen. Tilaajan puolesta työtä ovat valvoneet dipl.ins. Esko Hyytiäinen ja dipl.ins. Ari Liimatainen.

---

## Sisältö

---

### LUETTELO RAPORTISSA KÄYTETYISTÄ TERMEISTÄ JA NIIDEN KÄÄNNÖKSISTÄ

---

1	MOOTTORITIE LIIKENTEEN HALLINTA JA OHJAUS	7
1.1	Yleistä	7
1.2	Yleiskatsaus käytettävissä olevista liikenteen hallinnan ja ohjauksen menetelmistä	8
2	KÄSITE RAMPIOHJAUS JA SEN OSAT	12
2.1	Yleistä	12
2.2	Rampiohjaus ja liikennevirtateoria	12
2.3	Rampiohjauksen ohjausalgoritmit	15
2.4	Rampiohjauksen laitteet	19
2.5	Rampiohjauksen muut tekijät	21
2.6	Rampiohjausjärjestelmät	23
3	RAMPIOHJAUKSEN HYÖDYT	26
3.1	Hyödyt	26
3.2	Haitat	27
3.3	Birminghamin järjestelmän vaikutukset	27
3.4	Minneapolisin järjestelmän vaikutukset	28
4	MAHDOLLISIA SOVELLUSKOhteita Suomessa	30
	Pasilanväylä	30
	Länsiväylä	31

---

### LÄHDELUETTELO

---

### KUVALUETTELO

---

## LUETTELO TERMEISTÄ JA NIIDEN KÄÄNNÖKSISTÄ

Monet liikenteenohjausjärjestelmiin liittyvät termit ovat vakiintumattomia. Tässä raportissa on käytetty seuraavia käännöksiä (esiintymisjärjestyksessä):

- Moottoritien liikenteen hallinta- ja ohjausjärjestelmä =  
Motorway Traffic Management System
- Ramppiohjaus =  
Ramp metering
- Ohjausalgoritmi =  
Control Algorithm
- Ajoneuvoilmaisin =  
Vehicle Detector
- Joukkoliikennekaistat (ja kimppa-ajo) =  
High Occupancy Vehicle Lane
- Vaihtuvasuuntainen ajokaista =  
Reversible Lane
- Muuttuvat opasteet =  
Changeable Message Signs
- Suunnitelmat häiriöiden varalle =  
Incident Management Plan
- Moottoritien ja sen liikennekäytävän liikenteen hallinta ja ohjaus =  
Motorway Corridor Management
- Asiantuntijajärjestelmät =  
Expert Systems
- Aikaohjatut ramppiohjausalgoritmit =  
Fixed Time Ramp Metering Algorithms
- Liikenneohjatut ramppiohjausalgoritmit =  
Traffic Responsive Ramp Metering Algorithms
- Yhteenkytketyt liikenneohjatut ramppiohjausalgoritmit =  
Integrated Traffic Responsive Ramp Metering Algorithms
- Ohjauskoje =  
Controller
- Ilmaisinsilmukoiden parametrit =  
Loop Detector Parameters

# 1 MOOTTORITIEN LIIKENTEEEN HALLINTA JA OHJAUS

## 1.1 Yleistä

Kaupunkimoottoriteitä rakennetaan nopeiden, turvallisten ja tehokkaiden henkilö- ja tavarakuljetusten takaamiseksi. Yleensä moottoritiet täyttävät tehtävänsä hyvin niin kauan, kun ajoneuvojen määrä ei ylitä välityskykyä. Kun liikennemäärä lähestyy tien välityskykyä tai ylittää sen, liikenteen sujuvuus heikkenee ja syntyy ruuhkia ja muita ongelmia.

Moottoritien liikenteen hallinnan ja ohjauksen tarkoituksena on välttää ruuhkat tai lieventää niiden vaikutusta hyödyntämällä moottoritiejärjestelmän tarjoamat mahdollisuudet. Järjestelmään kuuluvat moottoritie ja sen rampit, perusverkon tarjoamat korvaavat reitit, joukkoliikennekaistat jne. Tarkoituksena on ohjata moottoritiellä liikkuvia ajoneuvoja tehokkaan liikenteen ohjauksen keinoin ja optimoida koko tien palvelutaso ja välityskyky.

Moottoritiellä esiintyvät ruuhkat jaetaan yleensä toistuviin ja satunnaisiin ruuhkiin. Molemmissa tapauksissa on syynä välityskyvyn ylitys. Toistuva ruuhka esiintyy säännöllisesti, ennustettavissa olevana ajankohtana ja ennustettavissa paikoissa. Aamun ja illan ruuhkatunnit ovat tyypillinen esimerkki toistuvista ruuhkista. Satunnaisen ruuhkan aika ja paikka eivät ole ennustettavissa. Syynä satunnaisiin ruuhkiin on useimmiten onnettomuus tai muu ennalta arvaamaton tapahtuma. Sekä toistuvat että satunnaiset ruuhkat ovat yleisiä useissa suurkaupungeissa. Ruuhkautumiseen liittyvät seuraavat pääongelmat:

- nopeuksien pienentyminen/viivytykset
- liikennemäärien pienentyminen
- moottoritietä ei voida hyödyntää täydellä teholla
- onnettomuuksien lisääntyminen
- polttoaineen kulutuksen kasvu
- päästöjen lisääntyminen.

Edellä mainittujen ongelmien havaitsemisen myötä on huomattu kuinka tarpeellista on moottoriteiden ruuhkautumisen mukanaan tuomien ongelmien ratkaiseminen. Yksi näiden ongelmien ratkaisumahdollisuus on ajokaistojen lisääminen, jolloin tarvitaan myös lisää maata moottoritietä varten. Tämä ratkaisu on kuitenkin usein erittäin kallis, se häiritsee sekä luontoa että rakennettua ympäristöä ja kasvattaa liikenteen kysyntää entisestään (1).

Vaihtoehtoiseksi ratkaisuksi on kehitetty moottoritien liikennevirtoihin vaikuttaminen, jonka tarkoituksena on parantaa tien toiminnallista tehokkuutta. Järjestelmällisellä kehitystyöllä on saatu aikaan useita moottoritien liiken-



teenohjausmenetelmiä. Yhteiseltä nimeltään näitä menetelmiä kutsutaan moottoritien liikenteen ohjaus- ja hallintajärjestelmäksi (Motorway Traffic Management System). Menetelmiä on useita ja niitä kehitetään edelleen. Käytettävissä olevien menetelmien käyttöönotto vaatiikin tarkkaa harkintaa.

Liikenteen ohjausjärjestelmän toteuttamiskustannukset vaihtelevat paljon valittavan järjestelmän koosta ja automaation tasosta riippuen. Pienen järjestelmän toteuttaminen aluksi on usein toivottavaa ja käytännöllisintä, koska se tulee halvemmaksi. Järjestelmän laajentaminen tulevaisuudessa on helpompaa, kun järjestelmää käyttävä henkilöstö oppii hallitsemaan pienemmän järjestelmän, ja laajentamiseen tarvittava lisärahoitus saadaan järjestyseen (2).

Moottoriteiden liikenteen hallinnassa ja ohjauksessa on kaksi päästrategiaa: liikenteenvälityskyvyn säätely ja kysynnän säätely. Välityskyvyn säätely pyrkii maksimoimaan läpimenevän liikenteen määrän ja parantamaan palvelutasoa. Kysynnän säätely sen sijaan pyrkii rajoittamaan ajoneuvojen määrää. Molemmat strategiat käyttävät erilaisia menetelmiä ja/ tai niiden yhdistelmiä parantaakseen moottoritien toiminnallista tehokkuutta.

## 1.2 Yleiskatsaus käytettävissä olevista liikenteen hallinnan ja ohjauksen menetelmistä

Seuraavassa esitellään lyhyesti käytössä olevia liikenteen hallinnan ja ohjauksen menetelmiä ja välineitä. Jokainen menetelmä tarvitsee oman laitteistonsa ja jokaisella menetelmällä on oma erityinen toimintafilosofiansa. Kaikkia tekniikoita voisi tutkia tarkemmin. Tässä on tarkoitus luoda lyhyt yleiskatsaus aiheeseen.

**Ajoneuvoilmais**in kerää tietoa tiellä liikkuvista ajoneuvoista. Ilmaisin antaa tietoa ajoneuvojen nopeuksista, liikennemääristä, ajoneuvoetäisyyksistä ja ajoneuvotyypeistä. Ajoneuvoilmaisin voi olla esim. induktiivisilmukka, joka sijoitetaan tien päällysteeseen tai mikroaaltoilmaisin, joka sijoitetaan joko ajokaistojen viereen tai yläpuolelle. Kehitteillä on myös kaapelitelevisiosignaalin käyttö ajoneuvojen ilmaisuun.

**Ramppiohjaus**ta käytetään moottoritielle pääsyn säätelyyn. Ruuhka-aikoina ajoneuvot pääsevät moottoritielle rampin liikennettä säännöstelevien liikennevalojen kautta. Tämän tekniikan tarkoituksena on vähentää ruuhkia sekä lisätä moottoritien liikenteen nopeutta ja sujuvuutta. Ramppiohjauksen tarkoituksena on käyttää moottoritien kapasiteetti mahdollisimman hyvin, lyhentää matka-aikoja ja parantaa tien palvelutasoa. Moottoritielle pääsyn säätelyyn käytetään tavallisia liikennevaloja.

**Joukkoliikennekaistat (ja kimppa-ajo)** Korkea ajoneuvon käyttöaste saavutetaan, jos ajoneuvossa on kuljettajan lisäksi myös matkustajia. Liikenteen ohjauksessa joukkoliikenteeseen voidaan rinnastaa kimppa-ajo. Kimppa-ajoksi tulkitaan yleensä ajoneuvo, jossa on vähintään kaksi tai kolme henkilöä.

Kuljettajia houkutellaan lisäämään ajoneuvon käyttöastetta eli harjoittamaan kimppa-ajoa tarjoamalla heille etuisuuksia mm. ohituskaistoja ramppiohjausalueilla, jotta näiden ajoneuvojen ei tarvitse mennä ramppiohjausalueen läpi. Toinen mahdollinen etuisuus on tarjota korkean käyttöasteen ajoneuvoille omat ajokaistat moottoritiellä.

**Vaihtuvasuuntaisia ajokaistoja** käytetään tasoittamaan ruuhkauippuja. Tällaiset kaistat tarvitsevat selkeän ohjausjärjestelmän. Ajokaistat ovat ruuhkasuunnan liikenteen käytössä, esim. aamulla kaupunkiin päin ja illalla kaupungista pois päin.

**Muuttuvat opasteet** tarjoavat kuljettajalle ajankohtaista informaatiota. Muuttuvat opasteet kertovat joko sanoin, numeroin tai tunnuksin muuttuvista liikenneolosuhteista (3). Tavallisesti näillä opasteilla voidaan viestittää kaksi tai useita sanomia. Nykyään käytetään useita erilaisia merkkityyppejä, kuten pyöriviä prismoja, lamppumatriisia, liukuvaa paneelia ja kuituoptisia merkkejä. Merkkien toimintateknikka vaihtelee sähkömekaanisesta täysin sähköiseen tekniikkaan. Merkkejä voidaan ohjata paikallisesti tai kauko-ohjatusti. Muuttuvia opasteita käytetään, koska niillä voidaan ohjata liikennettä joustavasti eri liikennetilanteissa.

**Liikenne radiota** käytetään tarjoamaan kuljettajille ajankohtaista informaatiota esim. reitin valintaan ja matkan alkamisaikaan liittyviä päätöksiä varten. Käytössä olevat radiojärjestelmät vaihtelevat yksinkertaisista moottoritien varrella toimivista "vuotavista" kaapeliradioista kaupallisiin radioasemiin ja omiin liikenneasioita varten varattuihin taajuuksiin. Liikenne radioita kehitetään tällä hetkellä voimakkaasti.

**Kaapelitelevisio** on yksi liikenteen ohjauksen välineistä, joilla voidaan kerätä ajankohtaista tietoa olosuhteista moottoritiellä alueilta, jotka on kytketty järjestelmän piiriin. Visuaalista tietoa tarvitaan, jotta pystyttäisiin määrittelemään, minkälaiset olosuhteet vallitsevat tiellä ja miten näihin olosuhteisiin tulee reagoida. Kaapelitelevision käyttö vähentää myös reaktioaikaa, koska valvontakeskuksesta voidaan esim. hälyttää tarvittava pelastuskalusto onnettomuuspaikalle heti, kun onnettomuus on havaittu. Pelastushenkilökunta voidaan ohjata oikealle paikalle ja sille voidaan ilmoittaa onnetto-



muuden vakavuus. Lisäksi kaapelitelevision antamaa informaatiota voidaan hyödyntää radiolähetyksissä ja automaattisen ohjausjärjestelmän sopeuttamisessa uutta tilannetta vastaavaksi.

Kaapelitelevisi signaalit voidaan lähettää eri tavoin. Näistä yksinkertaisin on suora linkki kameran ja televisiomonitorin välillä koaksaalikaapelilla. Toinen tapa on nopea tiedonsiirto kuparikaapelia käyttäen, mikä on myös suora linkki. Kolmas, harvemmin käytetty tapa on lähettää signaalit käyttämällä mikroaaltojen siirtoon käytettyä laitteistoa.

**Suunnitelmat häiriöiden varalle** (Incident Management Plan) sisältävät yksityiskohtaisia ohjeita siitä, miten erilaiset ruuhkia aiheuttavat tilanteet voidaan ratkaista. Näiden toimenpiteiden toteuttaminen vaatii koulutettua henkilökuntaa, tiedotusjärjestelmän, erityisajoneuvoja, sekä erikoiskalustoa esim. siirrettäviä varoituslaitteita.

**Moottoritien ja sen liikennekäytävän liikenteen hallinnan ja ohjauksen** (Motorway Corridor Management) tavoitteena on moottoritien ja sille vaihtoehtoisten reittien mahdollisimman tehokas hyödyntäminen. Moottoritien liikennekäytävään kuuluvat moottoritien lisäksi rampit, rinnakkaistiet ja kaikki liikenteenohjausjärjestelmät. Tämän menetelmän tarkoituksena on toteuttaa liikenteen ohjaussuunnitelmia, jotka parantavat liikenteen sujuvuutta ja palvelutasoa koko liikennekäytävässä ja joiden avulla koko liikennekäytävän kapasiteetti on mahdollisimman tehokkaassa käytössä.

**Liikenteen ohjauskeskus** ei ole niinkään tekniikkaa vaan paikka, jossa on tarvittava laitteisto ja käytännön sovellukset erilaisine menetelmineen ja strategioineen. Yleensä näistä muodostuu järjestelmien "hermokeskus". Käytettävät tilat vaihtelevat yhdestä huoneesta kokonaisuun ohjauskeskuksille varattuihin rakennuksiin saakka.

**Asiantuntijajärjestelmät** ovat kehittyneet voimakkaasti viime aikoina. Suurin syy nopeaan kehitykseen on asiantuntijajärjestelmien yhteys tekoälyyn. Tekoälyä on sovellettu eurooppalaisessa DRIVE-projektissa ja amerikkalaisessa Intelligent Vehicle & Highway-järjestelmässä (IVHS). Molemmat edellä mainitut esimerkit edustavat liikenteen ohjauksen uusinta teknologiaa. Sekä eurooppalaista että amerikkalaista järjestelmää kehitetään käsittelemään laajaa kaupunkimoottoriteistä kerättyä tietokantaa. Tekoälyn tehtävänä on automaattisesti reaaliajassa tehdä toisiinsa kytkeytyviä päätöksiä siitä, mitkä ovat kullakin hetkellä liikenteen ohjausjärjestelmän tehokkaimmat toimenpiteet.

Muita liikenteenohjausmenetelmiä ovat hätäpuhelimet, joiden avulla autoilija voi pyytää tarvitsemaansa apua. Joissakin maissa moottoriväylille sijoitetaan erityisiä pysäköintipaikkoja, joille rikkoontunut ajoneuvo voidaan siirtää tukkimasta ajokaistoja.

## **2 RAMPPIOHJAUS KÄSITTEENÄ JA SEN OSAT**

### **2.1 Yleistä**

Ramppiohjaus on yksi moottoriteiden liikenteen hallinnassa ja ohjauksessa laajimmin käytetyistä menetelmistä. Ramppiohjaus ei kuitenkaan ratkaise kaikkia ruuhkautumisen mukanaan tuomia ongelmia. Tien geometriasta tai suunnittelusta johtuvat ongelmat, kuten lyhyiden sekoittumisalueiden aiheuttamat ruuhkat, voivat vaatia tiehen rakenteellisia muutoksia ongelman ratkaisemiseksi. Ramppiohjaus on osoittautunut suhteellisen tehokkaaksi sekä liikenteen välityskyvyn että kysynnän säätelyssä.

**Yksinkertaistettuna ramppiohjaus on tavallisen punainen-keltainen-vihreä liikennevalon sovellus moottoritien rampilla. Ohjauskojeella säädelään moottoritielle päästettävää liikennemäärää.**

Tavallisesti ramppiohjausjärjestelmällä päästetään yksi ajoneuvo kerrallaan moottoritielle. Moottoritielle voidaan päästää noin 300–900 ajoneuvoa tunnissa; kun määrä on alle 300 ajon/h, odotusaika rampeilla kasvaa niin suureksi, etteivät kuljettajat noudata ohjausta (3). Toisaalta, 900 ajon/h on lähes maksimiajoneuvomäärä, jonka pääsy moottoritielle voidaan hallita. Ajoneuvo kerrallaan moottoritielle – periaatetta on sovellettu mm. Hollannissa ja Yhdysvalloissa.

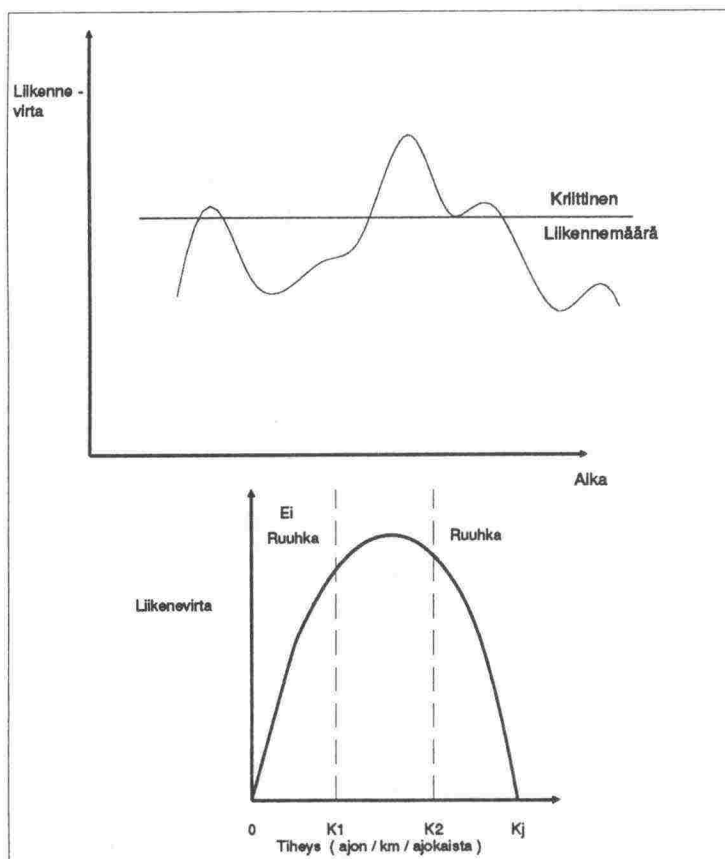
Toinen menetelmä, jota on käytetty mm. Englannissa, on usean ajoneuvon päästäminen moottoritielle saman vihreän vaiheen aikana. Tällä menetelmällä ei ole mahdollista valvoa yhtä tarkasti moottoritielle päästettävää liikennemäärää kuin ajoneuvo kerrallaan –periaatteella. Molemmat menetelmät ovat kuitenkin osoittautuneet tehokkaiksi moottoritien liikennevirtojen säätelyssä.

### **2.2 Ramppiohjaus ja liikennevirtateoria**

Liikennevirtateoria käsittää ajoneuvojen nopeuksien, liikennemäärien ja liikennetiheyksien mittaamisen ja vertailun. Näitä voidaan käyttää moottoriteiden ruuhkautumisen mittaamiseen. Ramppiohjauksella voidaan vaikuttaa näihin tekijöihin ja siten myös liikennetilanteisiin. Liikennevirtateoria on väline ruuhkien määrittämiseen ja sillä voidaan osoittaa, missä määrin ramppiohjauksella voidaan vaikuttaa moottoritien ruuhkautumiseen.

Liikennevirtateoria muuttuu ja kehittyy sitä mukaa, kun tiellä vallitsevien olosuhteiden mittaamiseen käytettävä laitteisto ja tiedonkeruu- ja käsittelymenetelmät kehittyvät. Ruuhkan mittaaminen on subjektiivista. Sitä voidaan myös pyrkiä mittaamaan eri tavoin esim. liikennemäärän, nopeuden tai palvelutason avulla. Kuva 2.1 on tyypillinen esitys liikennemäärän vaihtelusta aamuruuhkassa. Kriittinen liikennemäärä on raja-arvo, jonka yläpuolella liikennevirta häiriytyy.

Toinen osa kuvasta 2.1 tarkastelee lähemmin liikennevirran ja -tiheyden suhdetta ja sen yhteyttä liikennevirran häiriöihin. Kuva perustuu Traffic Control Systems Handbookin esittämään perusriippuvuuteen liikennevirran ja -tiheyden välisestä suhteesta (3). Kun liikennetiheys nousee nolasta lukuun  $K_1$ , liikennevirta (ajon/h) kasvaa ja tästä seuraava tilanne on ruuhkautumaton. Kun tiheys nousee  $K_1$ :stä  $K_2$ :een, liikennevirta saattaa nousta vain vähän, mutta liikenneolosuhteet tulevat epävakaaksi ja ruuhkan todennäköisyys kasvaa. Tiheyden kasvaminen  $K_2$ :sta suuremmaksi pienentää liikennemääriä, kunnes saavutetaan teoreettisesti nolla ruuhkatiheydellä  $K_j$ . Liikenneolot  $K_2$ :n yläpuolella ovat ruuhkautuneita ja kestää aina jonkin aikaa, kun kuormitus laskee ja ruuhkat purkautuvat.

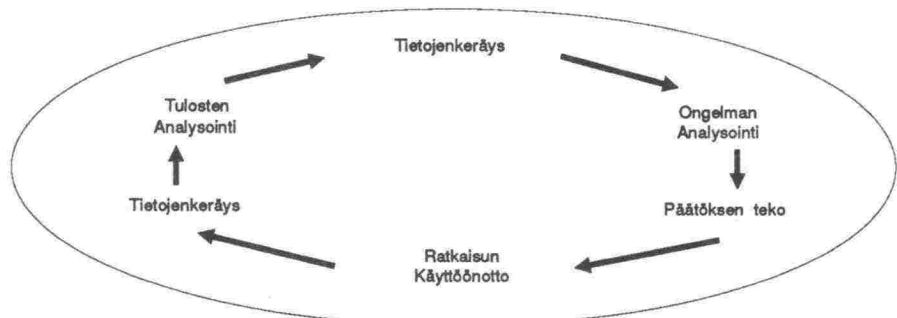


KUVA 2.1 - Ruuhkatuminen ja Liikennevirran ja tiheyden välinen suhde (3)



Kuvassa 2.1 esitettyjen tiheyksien K1 ja K2 välillä on epävakaa alue, jossa liikennevirta vaihtelee ruuhkautuneen ja ruuhkautumattoman välillä. Ramppiohjauksen tarkoituksena on säädellä liikennemääriä siten, että liikenne ei ruuhkaudu ja samanaikaisesti liikennevirta pysyisi mahdollisimman suurena. Näin maksimoidaan moottoritien tehokkuus ruuhkatunteina. Vaikka liikennevirta/-tiheys-kuviossa olevat arvot vaihtelevat eri moottoriteillä, on periaate kaikkialla sama.

Liikennevirtateoriaa käytetään ramppiohjauksen suunnittelussa arvioitaessa sen tehokkuutta ja toteuttamiskelpoisuutta ruuhkaongelmien ratkaisemisessa. Suunnittelun jälkeen rakennus- ja toteutusvaiheessa liikennevirtateoriaa käytetään järjestelmän antamien tulosten analysointiin. Liikennevirtateorian käyttö liikenteen ohjaus- ja hallintajärjestelmien, kuten ramppiohjauksen yhteydessä, johtaa analyyttiseen kiertokulkuun, joka ohjaa järjestelmien kehitystä. Kuvassa 2.2 esitetään tämä kiertokulku: tiedonkeruu -ongelma/ruuhkautumisanalyysi - päätöksenteko - ratkaisun toteuttaminen - tiedonkeruu - arviointi/analyysi.



KUVA 2.2 - Liikenteenohjausjärjestelmän kehityskiertokulku

Ramppiohjaus on tavallisesti tehokkaimmillaan lieventäessään toistuvaa ruuhkautumista, joka syntyy moottoritien kapasiteetin säännöllisesti ylittävistä kysynnästä. Ramppiohjauksen tehokkuus perustuu sen tarjoamaan mahdollisuuden hallita ramppien liikennemääriä siten, että moottoritien liikennemäärä on lähellä moottoritien välityskykyä. Seuraavassa taulukossa 2.1 on lista yleisistä tehokkuuden mittayksiköistä.

MITATTAVA SUURE	MITTAYKSIKKÖ
Liikenteen tiheys	ajoneuvoa/km/ajokaista
Keskimääräinen ajonopeus	km/h
Liikennemäärä	ajon/h
Matka-aika	minuutti
Onnettomuusmäärä	Onnettomuuksia/vuosi
Ajoneuvojen välimatka	metri

Taulukko 2.1 Tehokkuuden mittayksiköt

## 2.3 Ramppiohjauksen ohjausalgoritmit

Ohjausalgoritmit ovat ramppiohjauksen keskeisiä elementtejä, jotka vaihtelevat liikenneolosuhteista ja maantieteellisestä sijainnista riippuen. Algoritmi on erityinen ohjelmiston osa, jonka pääasiallinen tehtävä on järjestää ja käsitellä kentältä tulevaa tietoa järjestelmää varten. Tietoa voidaan saada ajoneuvoilmaisimista, kelloista, liikenteen ohjauskeskuksista ja muista lähteistä. Saatu tieto kertoo moottoritiellä vallitsevista olosuhteista. Algoritmi käyttää hyväkseen tämän tiedon rampin liikenteen ohjauksessa. Yksi algoritmin tärkeimpiä tehtäviä on määrittää ramppiohjauksen kiertoaika.

### Kiertoaika ja moottoritielle päästettävä liikennemäärä

Kiertoaika on se aika, joka kuluu, kun opastin muuttuu kerran vihreästä uudelleen vihreäksi päästääkseen ajoneuvon läpi. Kiertoaika lasketaan käyttämällä moottoritien välityskykyä ja moottoritien ilmaisimien antamaa liikennemäärää. Kuvassa 2.3 on esimerkki laskennasta, jossa hyödynnetään liikennemäärätietoa ramppiopastimen kiertoajan määrittämisessä.

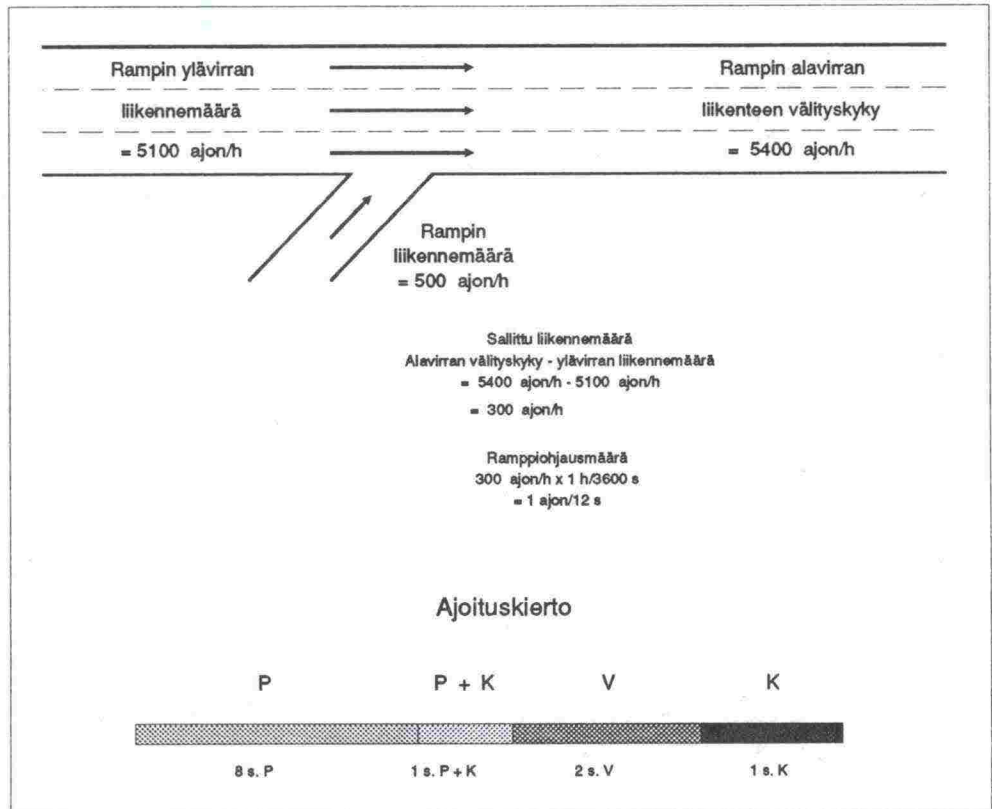
Laskennoissa käytetään reaaliaikaista liikennemäärää, joka saadaan päätien ylävirralla olevista ilmaisimista. Seuraavaksi verrataan alavirralla sallittua liikennemäärää ylävirralla saatuihin arvoihin. Jos kapasiteettia on jäljellä, lasketaan, kuinka monta ajoneuvoa moottoritielle voidaan päästää tunnissa tai minuutissa. Algoritmi laskee sopivan kiertoajan, mikä määrää valo-opastinta ohjaavan kojeen toiminnan. Koje vuorostaan vaihtaa opastimen vihreästä keltaiseksi ja punaiseksi ajoitusohjelman mukaisesti.

Jos laskennat osoittavat, ettei moottoritielle pitäisi päästää yhtään ajoneuvoa siellä vallitsevasta ruuhkasta johtuen, ohjausjärjestelmä siirtyy ennalta määritellylle pitkälle kiertoajalle, jolla ajoneuvoja päästetään moottoritielle pitkin aikaväleihin. Pitkää kiertoaikaa käytetään jatkuvan punaisen valon sijaan, koska jatkuva punainen valo saattaa aiheuttaa häiriöitä ympäröivässä katuverkossa.

Kuvan 2.3 esimerkki edustaa vain yhtä hetkellistä tilannetta jatkuvasta laskennasta. Ramppiohjauksen kiertoaikojen tulee olla dynaamisia ja muuttua liikenneolosuhteiden muuttuessa. Liikennemäärä on tärkein muuttuja moottoritien liikenneolosuhteita määriteltäessä. Peruslaskelmiin voidaan ottaa mukaan myös muita muuttujia, kuten liikennetiheys, ajoneuvojen välimatkat, keskimääräinen matkanopeus jne. Käytettiinpä mitä tahansa muuttujia, päätulos on kiertoaika, jota käytetään hyväksi ramppiohjauksessa.

Algoritmin tulee jatkuvasti tarkkailla rampeilla olevia jonoja, sekä maksimi- ja minimiliikennemääriin liittyviä ohjausarvoja, jotka on suunniteltu takaamaan järjestelmän turvallinen ja tehokas toiminta.





KUVA 2.3 - Esimerkki kiertoajan laskemisesta

**Ohjausalgoritmit** voidaan ohjelmoida tavallisiin liikennevalo-ohjauskojeisiin, jotka ohjaavat ramppien liikenteen säätelyyn tarvittavia opastimia. Vaihtoehtona ohjelmoidulle ohjauskojeelle on ohjauksen ohjelmoiminen ramppialueen ulkopuoliseen tietokoneeseen. Tietokone voi toimia isomman liikenteen ohjauskeskuksen osana, josta myös opastimen toimintaa voidaan ohjata.

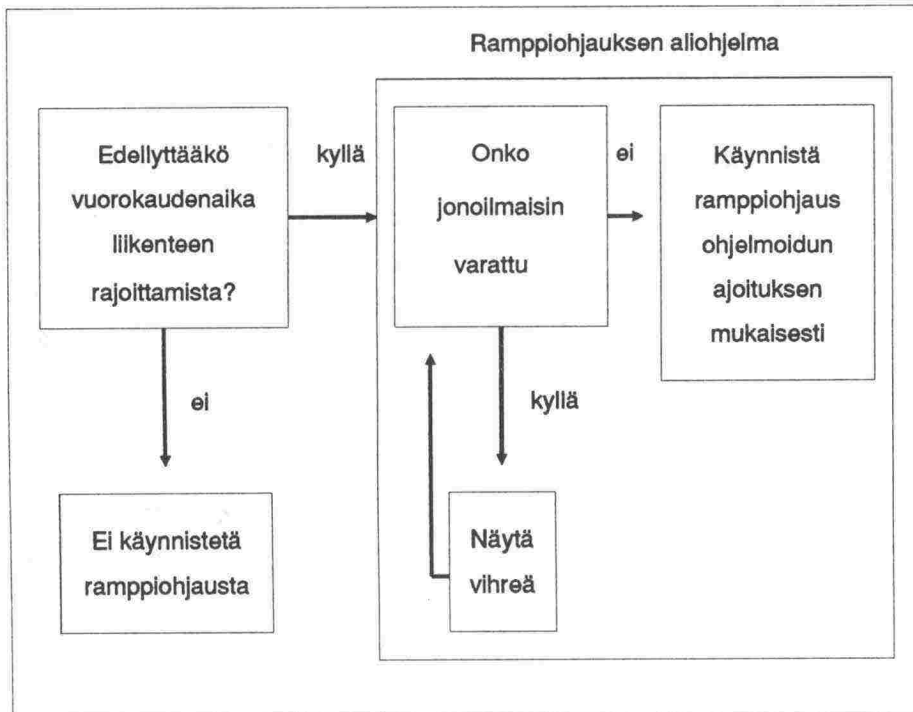
Liikenteen ohjauksen tarpeita varten on suunniteltu erilaisia algoritmeja. Erot algoritmien välillä johtuvat tehdyistä laskelmista ja eri järjestelmissä käytetyistä liikenteen muuttujista. Ramppiohjausjärjestelmän vaikeusaste aiheuttaa myös eroja algoritmien välille.

Järjestelmissä, jotka sisältävät kolme tai neljä ohjattua ramppia, ohjausalgoritmit voidaan ohjelmoida ramppialueella oleviin ohjauskojeisiin. Kojet voivat toimia itsenäisesti tai yhteenkytkettynä. Neljää ramppiohjausta laajemmat järjestelmät tarvitsevat keskustietokoneen, koska yksittäisen kokeen tiedonkäsittelykyky ei ole riittävä. Ramppiohjausjärjestelmän ja siihen liittyvien ohjausalgoritmien laajuus riippuu halutusta liikenteen hallinnan tasosta. Seuraavassa on muutamia esimerkkejä erilaisista algoritmeista. Näiden kuvaukset on annettu tietokoneen prosessikaavion muodossa.

Ohjausalgoritmien perustapauksia ovat **aikaohjatut ramppiohjausalgoritmit**. Ne eivät vaadi reaaliaikaista tietoa liikenteestä. Ainoa tieto, minkä ne tarvitsevat, on ohjauskojeeseen rakennetun kellon antama aloitus/lopetus -signaali.



Tämä tarkoittaa sitä, että tietyn ajanjakson esim. kahden ruuhkatunnin aikana, ramppia ohjaavat opastimet näyttävät punaista, keltaista ja vihreää valoa ennalta määrätyn ajoituksen mukaisesti (kuva 2.4).

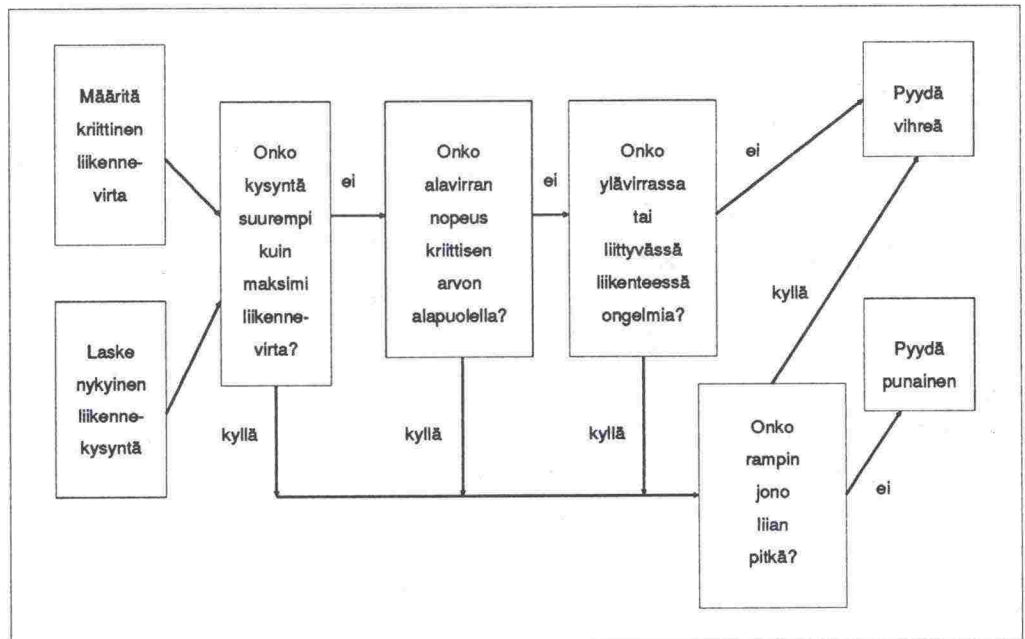


KUVA 2.4 - Aikaohjatun ramppiohjauksen ohjausalgoritmi

Aikaohjatut ramppiohjausalgoritmit kehitettiin ennen liikenneohjattuja ohjausalgoritmeja. Kiertoaikaa muutetaan uudelleenohjelmoimalla ohjauskoje käsin. Ajoitusta muutetaan yleensä, kun liikennelaskennat osoittavat rampin liikennemäärien nousua tai laskua.

**Liikenneohjatut ramppiohjausalgoritmit** ovat aikaohjattuja algoritmeja kehittyneempi järjestelmä. Yksinkertaistettu versio tästä algoritmista on esitetty kuvassa 2.5. Tämä algoritmi tarvitsee edellistä vaihtoehtoa enemmän tietoa pystyäkseen mittaamaan liikenteen olosuhteet reaaliajassa ja tekemään tarvittavat muutokset ramppiohjausohjelmaan. Liikenneolosuhteita tarkkaillaan moottoritien päällysteeseen upotetuilla ajoneuvoilmaisimilla.

Päällysteeseen sijoitetaan myös liittymis- ja jonoilmaisimet, jotta taataan järjestelmän turvallinen toiminta. Liikenneohjatun toiminnan etuna on se, että algoritmi voi reagoida liikenteessä tapahtuviin muutoksiin jatkuvasti. Liittymisilmaisimella tarkkaillaan ajoneuvon pääsyä päävirtaan. Seuraavaa vihreää vaihetta anneta ennen kuin ajoneuvo pääsee liittymään päävirtaan. Jonoilmaisimen avulla seurataan sitä, häiritseekö ajoneuvojono rinnakkaistien liikennettä.



KUVA 2.5 - Liikenneohjatun ramppiohjauksen ohjausalgoritmi

Liikenneohjatut algoritmit tarkkailevat jatkuvasti liikennemääriä rampin ylä- ja alavirralla. Näitä liikennemääriä käytetään rampilta moottoritielelle päästettävän liikennemäärän ja kiertoajan laskemisessa. Algoritmi tarkkailee myös rampin jono- ja liittymisilmaisimia, joilta saatavan tiedon perusteella voidaan käyttää poikkeuksellista ajoitusta turvallisuussyistä. Tarkoituksena on tehostaa järjestelmän toimintaa.

**Yhteenkytketty liikenneohjattu ramppiohjausalgoritmi** on seuraava kehitysaste liikenteeseen reagoivasta ramppiohjausalgoritmista. Yhteenkytketyn algoritmin tarkoituksena on tehostaa koko liikennekäytävän hallintaa. Tällaisessa tilanteessa ohjataan useita saman liikennesuunnan ramppeja, jotka ohjaavat samaan suuntaan menevää liikennettä. Termi "yhteenkytketty" viittaa siihen, että kaksi tai useampia ramppeja on yhdistetty yhteen valvonta-algoritmiin.

Yhteenkytketyt liikenneohjatut algoritmit voivat olla vaikeusasteeltaan hyvin erilaisia. Yksinkertaisin versio muistuttaa liikenneohjattua algoritmia, mutta sen sijaan, että tarkkailtaisiin ja kerättäisiin jatkuvasti yhtä ramppia koskevaa tietoa, käsitelläänkin samanaikaisesti useampaa ramppia koskevaa tietoa. Tämä vaatii monimutkaisemmat laskentarutiinit, joilla selvitetään peräkkäisten ramppien ala- ja ylävirran liikennemäärät.

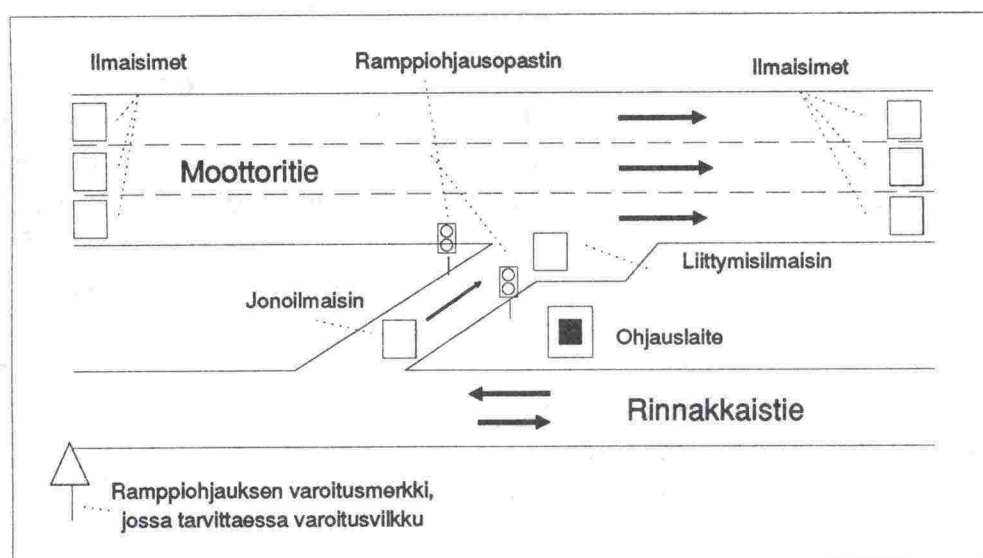
Tällaisen järjestelmän ohjelmoiminen muuttuu sitä monimutkaisemmaksi mitä useampaa ramppia ohjataan samalla algoritmilla. Algoritmi monimutkaistuu edelleen, kun järjestelmään liitetään lisälaitteita kuten muuttuvia opasteita,

ajokaistakohtaista opastusta, häiriöiden havaitsemisjärjestelmiä ym. Nämä laitteet eivät kuitenkaan kuulu ramppiohjaus-käsitteen piiriin.

Kun algoritmin ohjelmoiminen ylittää ohjauskojeen kapasiteetin, algoritmit ohjelmoidaan ohjauskeskuksessa sijaitsevaan tietokoneeseen. Tällöin ramppiohjausjärjestelmä toimii kauko-ohjatusti.

## 2.4 Ramppiohjauksen laitteet

Ramppiohjauksessa käytettävä laitteisto on samankaltainen liittymissä käytettävien valo-ohjauslaitteistojen kanssa. Suurin ero ramppiohjauksessa käytettävän laitteiston ja valo-ohjauksessa käytettävän laitteiston välillä on se, että ramppiohjauksessa käytettävä laitteisto on yksinkertaisempi, koska tarvitaan vähemmän opastimia ja ajoneuvoja tulee vain kahdesta suunnasta. Kuvassa 2.6 on esitetty tavanomaiset ramppiohjauksen laitteet.



KUVA 2.6 - Ramppiohjauksessa käytettäviä laitteita

**Ajoneuvoilmaisimet** ovat liikennetekniikan perustyökaluja. Ramppiohjauksessa ajoneuvoilmaisimia käytetään antamaan reaaliaikaista informaatiota liikennevirroista. Tämä tieto puolestaan käytetään hyväksi ohjausalgoritmissa ajoitusparametrien suunnittelussa.

**Rampilla oleva opastin** on näkyvin laitteiston osa. Opastin on tavallinen kolmiaukkoinen liikennevalo-opastin punainen-keltainen-vihreä valoineen ja siihen liittyvine laitteineen. Myös kaksiaukkoisia (punaista ja vihreää valoa näyttäviä) opastimia on käytetty tehokkaasti ramppiohjauksen sovellutuksissa. Liikenteen ohjausta koskevat säädökset ja politiikka säätelevät yleensä, minkä tyyppisiä opasteita ja ajoitusta käytetään.



Ramppiohjausopastimien sijoittelu moottoritiehen nähden riippuu kahdesta seikasta: 1. Opastimen kohdalle pysäytetyn ajoneuvon tulee pystyä kiihdyttämään riittävästi, jotta se ehtii saavuttamaan turvallisen liityntänopeuden päävirtaa. 2. Rampilla tulee olla riittävästi tilaa jonoille.

Ramppiohjauksen opastinpylväät ovat yleensä lyhyempiä kuin risteysalueilla käytetyt. Opastimet asennetaan yleensä 1-2 m maan pinnasta. Tällöin opastinta lähinnä olevan ajoneuvon kuljettajan on helppo havaita opastin.

Toinen ero normaalin valo-ohjauksen ja ramppiohjauksen välillä on valojen ajoituksessa. Ramppiohjauksen kiertoaika perustuu erilaiseen informaatioon kuin tavallisten liikennevalojen ajoituksessa. Myös ramppiohjauksessa huomiioon otettavia liikennesuuntia on vähemmän kuin tavallisissa liikennevaloissa.

**Ohjauskojeet** ovat toiminnalliselta kannalta tärkeitä järjestelmän osia. Nämä laitteet (erityisesti ohjauskoje) toimivat ramppiohjauksen paikallisina hermo-keskuksina. Ramppiohjauksessa käytetty ohjauskoje pystyy käsittelemään ilmaisintietoja ja "keskustelemaan" toisten ohjauskojeiden kanssa. Ohjauskaappiin tulee mahtua ajoneuvoilmaisimien edellyttämät komponentit sekä tiedonvälitykseen tarvittava laitteisto. Koje tarvitsee myös yhteyden sähköverkkoon saadakseen laitteiden käyttöön tarvittavan energian.

**Tiedonsiirtokaapeli** välittää eri laitteiden välillä tarvittavaa tietoa. Tiedonvälitys voidaan toteuttaa erilaista teknologiaa käyttämällä. Aiemmin tiedonsiirto hoidettiin suoran kuparikaapelin tarjoaman yhteyden kautta.

Viime aikoina tiedonsiirrolle on kuitenkin tarjoutunut uusia mahdollisuuksia kuituoptiikan kehittymisen myötä. Kuituoptiikka on toistaiseksi kallista, mutta sen voidaan odottaa halpenevan yleistymisen myötä.

**Opasteet.** Joissakin järjestelmissä informaatiota antava lisäopaste on asennettu opastimen alapuolelle. Opastimen tarkoituksena on kertoa kuljettajille, että ainoastaan yhden ajoneuvon annetaan mennä läpi vihreän valon aikana.

Ramppiohjauksessa voidaan käyttää varoitusmerkkejä. Nämä merkit sijoitetaan ennen ramppiohjausaluetta, jotta kuljettajat saavat tietää lähestyvänsä ramppiohjattua aluetta ja osaavat varautua siihen. Merkit eroavat toisistaan sen mukaan, päätetäänkö käyttää tekstiä vai symboleja. Joissakin tapauksissa näihin merkkeihin on liitetty keltainen valo, joka vilkkuu, kun ramppiohjaus on käytössä. Varoitusmerkkien käyttö on tapauskohtaista eikä välttämätöntä.

**Virtalähde** on tärkeä osa, koska järjestelmään kuuluu useita sähköllä toimivia laitteita. Järjestelmän elementit on sovitettava käytössä olevaan virtalähteeseen.

**Muu laitteisto** käsittää tarvittavat johdotukset, virtakytkimet, liittimet, johtojen tarvitsemat rasiat sekä kojeiden ja opastinpylväiden tarvitsemat perustukset.

## 2.5 Ramppiohjauksen muut tekijät

**Ilmaisinsilmukoiden parametrit** liittyvät ilmaisimien herkkyyteen, sijoitteluun sekä käyttötarkoitukseen ramppiohjauksessa. Herkkyysparametrit varmistavat sen, että ilmaisimet voivat täsmällisesti rekisteröidä ajoneuvotyypit – henkilöautot, bussit, kuorma-autot jne. Ilmaisimen herkkyys täytyy kalibroida ilmaisimen koon ja johdinkierrosten mukaan. Toinen herkkyysparametri liittyy ilmaisimessa mahdollisesti esiintyviin häiriöihin: jos ilmaisin ei toimi normaalisti, laitteen täytyy pystyä ilmaisemaan häiriö tai lähettämään asiaa koskeva viesti keskustietokoneeseen.

Ilmaisimien sijoittelu riippuu moottoritien ja ramppien geometriasta. Ilmaisimet tulee sijoittaa siten, että voidaan tarkasti tutkia moottoritien liikennetapahtumia ja havaita ongelmat liittymisalueella ja liian pitkät jonot rampilla.

**Vaaka- ja pystygeometria** täytyy ottaa tarkasti huomioon jokaisella liittymisrampilla. Nämä tekijät vaikuttavat siihen, millaisesta lähtötilanteesta pysähtynyt ajoneuvo joutuu kiihdyttämään ja liittymään moottoritielle. Ylämäessä sijaitsevat rampit ovat vaikeampia kuin alamäessä tai tasaisella maalla sijaitsevat rampit ja ajoneuvot tarvitsevat pidemmän matkan saavuttaakseen liittymisnopeuden. Samalla tavoin tiukat kaarteet voivat aiheuttaa ongelmia kuljettajille, kun he ovat tavoittelevat liittymisnopeutta.

**Odotustila** on se alue, jolla autot jonottavat rampilla moottoritielle pääsyä. Odotustilassa voi olla yksi tai kaksi ajokaistaa rampin leveydestä riippuen. Kaksikaistainen ramppi on parempi, koska se vähentää jononpituuden puoleen. Tämä ramppiohjauksen piirre on erittäin tärkeä, koska sillä voi olla vaikutusta ympäröiviin katuihin, joilta päästään rampille.

Rampin tasausta, linjausta ja ajokaistamäärää suunniteltaessa voidaan joutua tekemään pieniä parannuksia joillakin rampeilla riippuen olemassa olevista olosuhteista. Nämä parannukset ja muutokset voivat olla välttämättömiä joukkoliikennettä ajatellen.

**Joukkoliikenne ja kimppa-ajo.** Näille kulkumuodoille annetaan etuisuuksia, koska niitä pidetään tehokkaampana matkustajien kuljetusmuotona. Ramppiohjausjärjestelmissä voidaan joukkoliikennettä ohjata omaa kaistaansa ramppiohjauksen ohi.

**Kunnossapitosuunnitelmat.** Kaikissa ramppiohjausjärjestelmissä täytyy varautua järjestelmän kunnossapitoon. Tämä vaatii tavallisesti asiaan perehtyneen henkilön, joka valvoo järjestelmän toimivuutta ja tekee tarvittavat



korjaukset ja säädöt. Kunnossapidon tehtävä on säilyttää järjestelmä toimintakuntoisena, jotta kuljettajien luottamus järjestelmään kasvaisi.

**Yleisön hyväksyntä** on olennainen tekijä jokaisen ramppiohjausjärjestelmän menestymisessä. Parhainkin ramppiohjausjärjestelmä on hyödytön, elleivät kuljettajat hyväksy sitä.

On välttämätöntä informoida kuljettajaa siitä, kuinka ramppiohjausjärjestelmään tulee reagoida. Kun ensimmäistä ramppiohjausta toteutetaan, tämä vaatii tavallisesti yleisön informointiohjelman. Ohjelma koostuu useista eri tasoista. Yksi kommunikaatiotasosta on asiasta kertovan kirjallisuuden, esim. esitteen, laatiminen ja painattaminen. Esite jaetaan postitse niiden alueiden talouksille, joilta ramppien käyttäjien ennustetaan tulevan. Esitettä voidaan jakaa myös autoilijoille rampeilla viikko tai kaksi ennen järjestelmän käyttöönottoa. Toinen vaihe on tehdä materiaalia televisiolähetysiksi sekä lehdistöä varten. On oleellista, että jaettava materiaali kertoo selvästi järjestelmästä ja antaa kuljettajille ohjeita, miten järjestelmän piirissä käyttäydytään.

On erittäin tärkeitä saada ihmiset ymmärtämään, että ramppiohjauksen on tarkoitus tarjota hyötyjä lyhyempien matka-aikojen, paremman palvelutason, turvallisemman liikenneympäristön jne muodossa. Etujen saavuttaminen voi vaatia hieman aikaa ramppijonossa.

**Ramppiohjausjärjestelmä edellyttää riittävää tiekonekapasiteettia.** Kapasiteettia voidaan lisätä laajentamalla ohjauskojetta tai vaihtamalla se tehokkaampaan. Yleensä liikennevalojen ohjauskojeella on riittävä kapasiteetti pienen ramppiohjausjärjestelmän ohjaukseen. Suuret järjestelmät vaativat kuitenkin oman ohjauskojeensa.

## 2.6 Ramppiohjausjärjestelmät

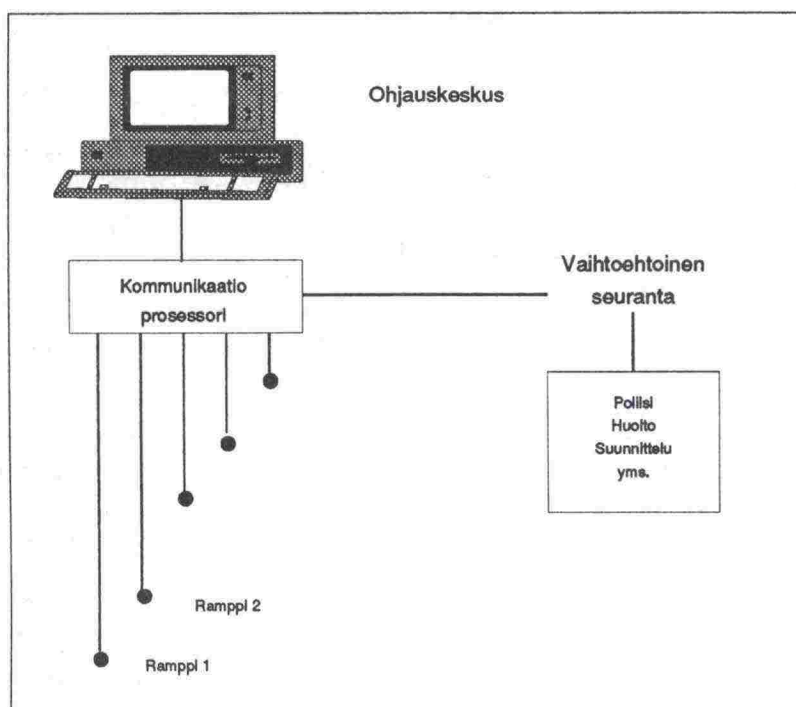
**Erillisohjaus** tarkoittaa, että järjestelmä toimii yksin ilman kommunikaatioyhteyksiä muihin järjestelmiin. Erillisohjausta käytetään yhden rampin järjestelmissä, jotka toimivat tätä tarkoitusta varten ohjelmoidun ohjauskojeen varassa.

**Yhteenkytketyssä** ramppiohjausjärjestelmässä on useampia ramppeja. Kunkin rampin ohjaus perustuu koko järjestelmän (eikä vain yhden rampin) kysyntä/välityskyky suhteeseen (3). Jokaisella rampilla voi olla oma ohjauskoje, mutta tavallisesti yksi kojeista on suunniteltu pääohjauskojeeksi, joka koordinoi eri ramppien ohjaustoimintoja.



Yhteenkytketty ramppiohjausjärjestelmä voi toimia myös tehokkaasti tietokoneen valvontakeskukseen sijoitetun, moottoritiedä erillään olevan keskusyksikön varassa. Tätä vaihtoehtoa käytetään, kun ramppiohjaus on yksi monista liikenteenohjausjärjestelmän osista.

Kuva 2.7 näyttää miten suurta ramppiohjausjärjestelmää voidaan kontrolloida yhdellä keskustietokoneella mm. poliisin avustaessa valvonnassa.

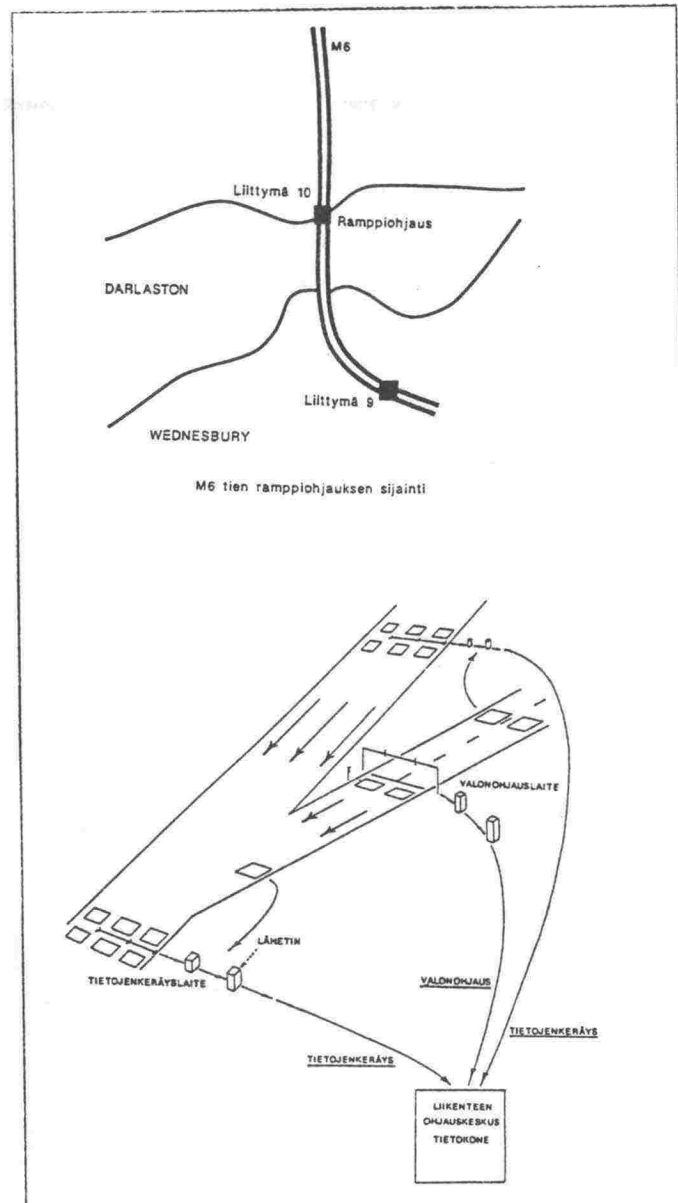


KUVA 2.7 - Yhteenkytketty ramppiohjaus

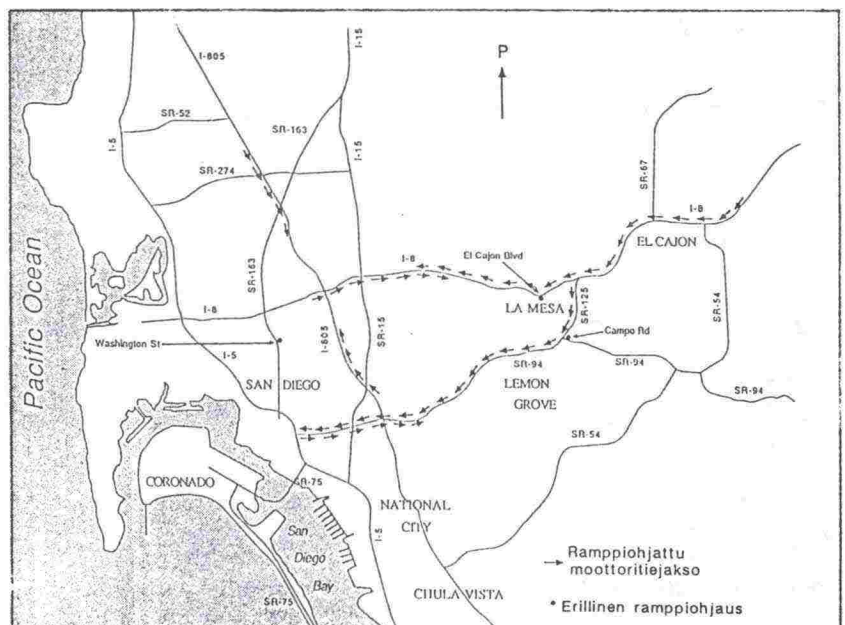
### Esimerkkejä järjestelmän toteutuksesta

On olemassa järjestelmiä, jotka tarvitsevat ramppiohjausta ainoastaan yhdellä liittymisrampilla. Toisissa järjestelmissä sen sijaan liittymistä säädellään usealla rampilla moottoritiejaksolla. Kuvassa 2.8 on Birminghamissa, Englannissa toteutettu yhden rampin ohjaus ja kuvassa 2.9 on San Diegossa, Yhdysvalloissa toteutettu yli 70 rampin ramppiohjausjärjestelmä (5 & 6).

Tässä luvussa esitettyjen asioiden tarkoituksena on ollut antaa yleiskatsaus ramppiohjauksen erityispiirteistä. Ramppiohjauksen toteuttaminen edellyttää näiden perusasioiden tuntemista sekä sovelluskohteen liikenneolosuhteiden perusteellista analysointia. Ramppiohjausta on käytetty menestyksellisenä liikenteen hallinnan työkaluna sekä itsenäisesti että suurempien järjestelmien osana.



KUVA 2.8 - Birminghamin yhden rampin järjestelmä



## KUVA 2.9 - San Diegon ramppiohjaus

### 3 RAMPIOHJAUksen HYÖDYT

Seuraavaksi luetellaan ramppiohjauksen yleisimmin esitettyjä hyötyjä ja haittoja. Ramppiohjauksen vaikutusten määrittäminen, mittaaminen ja arvottaminen ei ole yksiselitteistä.

#### 3.1 Moottoriteiden ramppiohjauksesta koituvat hyödyt

- \* lähtö- ja määräpaikan välisten matka-aikojen lyheneminen
- \* tieverkon tehokas hyödyntäminen
- \* tasoittaa liikennevirtaa ja parantaa liikenteen ohjauksen ja valvonnan mahdollisuuksia ongelma-alueilla
- \* onnettomuuksien väheneminen
- \* turvallisempi ramppiliikenteen liittyminen moottoritiehen
- \* vähentynyt polttoaineen kulutus ja päästöjen väheneminen
- \* voidaan toteuttaa myös joukkoliikennekaistojen yhteydessä.

#### 3.2 Moottoriteiden ramppiohjauksesta aiheutuvat haitat

- \* järjestelmän kustannukset
- \* viivytykset moottoritiehen liittyvillä rampeilla
- \* läpiajavan liikenteen suosiminen paikallisen liikenteen kustannuksella
- \* jotkut autoilijat eivät noudata ohjausta
- \* aiheuttaa poliittista vastakkainasettelua
- \* maan arvon muutokset

Koska kaikkia hyötyjä ja haittoja ei ole pystytty arvioimaan rahassa, ne eivät myöskään ole mukana kustannus/hyöty-analyysissä. Aikasäästöt ja onnettomuuksien väheneminen ovat useimmin rahassa mitatut hyödyt. Haitoista ovat mukana järjestelmän rakennus- ja kunnossapitokustannukset.

#### 3.3 Birminghamin järjestelmän vaikutukset

Liikenneohjattu ramppiohjaus toteutettiin Birminghamissa yhdellä moottoritien M6 liittymisrampilla vuonna 1986. Moottoritien M6 aamun ruuhkatunnin liikennemäärät olivat kasvaneet niin suuriksi, että liikenne ruuhkautui keskimäärin kolmena aamuna viikossa. Vuonna 1986 keskimääräiset liikennemäärät ylittivät 100 000 ajon/vrk. M6 on kuusiajokaistainen moottoritie, jolla on kolme ajokaistaa suuntaansa.

Kun ramppiohjauksesta saatavia hyötyjä arvioitiin, mukaan otettiin lyhentyneet viivytykset ja kasvava läpimenevän liikenteen määrä. Haitaksi arvioitiin kasvavat viivytykset liittymisrampilla. Nämä hyödyt ja haitat arvioitiin rahassa ja niiden perusteella tehtiin hyöty/kustannusarvio.



Ennen ramppiohjauksen toteuttamista sekä toteuttamisen jälkeen tehtiin useita tutkimuksia liikenteessä tapahtuvien muutosten osoittamiseksi ja hyötyjen mahdollisimman perusteellista arvioimista varten. Sen jälkeen tehtiin vertailuja ja muutokset arvioitiin rahassa. Ajoneuvotunnin hintana pidettiin 4,7 puntaa. Aikasäästöt laskettiin myös ajoneuvotunteina.

Vuosittaisiksi hyödyiksi arvioitiin 67 000–110 000 puntaa. Järjestelmän toteuttamiskustannukset olivat 255 000 puntaa. Ensimmäisen vuoden tuottoaste oli 44%. Analyysi perustui ainoastaan kuljettajille koituviin aikasäästöihin. Vähentyneistä onnettomuuksista koituvat säästöt eivät ole mukana tässä analyysissä.

Birminghamin järjestelmässä liityntäongelmia syntyi, kun suuria ajoneuvoryhmiä (30 ajoneuvoa) päästettiin yhtäaikaan moottoritielle. Ramppiohjauksesta huolimatta liikennevirta häiriytyi ajoittain, joskin harvemmin kuin ennen ramppiohjausjärjestelmän toteuttamista. Jotkut autoilijat eivät noudattaneet ohjausta. Heitä ei kuitenkaan ollut paljon ja määrä väheni valvonnan avulla.

### 3.4 Minneapolisin järjestelmän vaikutukset

Liikenneohjattu ramppiohjaus toteutettiin viidellä peräkkäisellä liittyvällä rampilla Interstate 35E (I-35E)-moottoritiellä etelään menevällä osuudella marraskuussa 1971. Järjestelmän tarkoituksena oli ohjata aamun ruuhkaliikennettä. Liikennemäärät ylittivät tien kapasiteetin (1900 ajon/ajokaista/h) kolmella eteläänpäin menevällä ajokaistalla aamuruuhkassa.

Myös ennen tämän järjestelmän toteuttamista sekä toteuttamisen jälkeen tehtiin perusteelliset liikennetutkimukset liikennevirroissa tapahtuneiden muutosten mahdollisimman tarkkaa mittaamista varten. Tästä järjestelmästä saatavat hyödyt arvioitiin järjestelmää käyttäville kuljettajille aiheutuvina aikasäästöinä sekä vähentyneinä onnettomuuksina ramppiohjausjärjestelmän vaikutusalueella.

Ajan arvona käytettiin 5.25 \$ tunnissa. Samaa arvoa käytettiin arvioitaessa rampilla käytettyä odotusaikaa. Onnettomuuskustannukset jaettiin kahteen osaan: omaisuusvahinko-onnettomuuden hinnaksi laskettiin 1 100 \$ ja henkilövahinko-onnettomuuden hinnaksi laskettiin 5 500 \$. Järjestelmän rakentaminen maksoi 65 474 \$.

Hyödyt ja haitat arvioitiin kymmenen vuoden ajalta. Vuosittaiseksi säästöksi saatiin 62 170 \$. Järjestelmän vuosikustannukset, mukaan lukien rakentaminen, parannustyöt, kunnossapito ja käyttö, olivat 8 520 \$. Hyöty/kustannussuhde oli täten 7.3, joten järjestelmä osoittautui erittäin kannattavaksi.

Myös ramppiohjausjärjestelmän toteuttamisen jälkeen syntyi ruuhkia. Ne johtuivat kapasiteetin puutteesta, mikä vaatisi suurempia rakentamistoimenpiteitä. Pieni osa autoilijoista ei noudattanut ohjatusta. Heitä ei kuitenkaan ollut häiritsevän paljon ja tätä ongelmaa pienennettiin valvonnalla.

Birminghamin ja Minnesotan järjestelmistä saadut kokemukset on tiivistetty alla oleviin taulukoihin 3.1 ja 3.2. Taulukoista käy ilmi alkuperäisten järjestelmien kustannukset ja hyödyt. Tavallisesti kannattavuus on suurimmillaan tällaisissa tilanteissa, koska uuden järjestelmän asentamisen aiheuttamat muutokset voivat olla suuria. Muutokset ovat pienempiä, kun järjestelmää laajennetaan, joten lisäinvestoinnista koituvat hyödyt ovat pienempiä kuin alkuperäisestä investoinnista saadut hyödyt.

Englannissa ja Birminghamissa saadut hyödyt on dokumentoitu. Muista järjestelmistä saadut kokemukset ovat myös myönteisiä. Vaikkakin tarkat numeeriset tulokset vaihtelevat järjestelmästä toiseen, ramppiohjauksesta saadut kokemukset ovat kokonaisuutena positiivisia.

Birminghamin ramppiohjausjärjestelmä, 1986 (5)

Investoinnin kustannukset	255 000 puntaa
Vuotuiset kunnossapito- ja käyttökustannukset	10 000 puntaa
Arvioidut hyödyt (ensimmäisen vuoden aikasäästöistä)	67 000 - 110 000 puntaa
Investoinnin tuotto prosentti	25 % - 40 %

*Taulukko 3.1 Yhteenveto Birminghamin M6 moottoritien ramppiohjausjärjestelmän kustannuksista ja hyödyistä ensimmäisenä vuonna (hinnat vuoden 1986 mukaisia).*

Minnesotan ensimmäinen ramppiohjausjärjestelmä, 1971 (7)

Investointikustannukset (\$ 68 199,00 10 vuoden annuiteettina)	\$ 6.820,00
Vuosittaiset kunnossapitokustannukset	\$ 1.700,00
Onnettomuuksien vähenemiseen perustuvat hyödyt	\$ 30.000,00
Aikasäästöihin perustuvat hyödyt	\$ 32.170,00
Hyöty/kustannussuhde $(32.170,00 + 30.000,00)/(6.820,00 + 1.700,00)$	7,3

*Taulukko 3.2 Yhteenveto Minnesotassa toteutetusta järjestelmästä (tiedot vuosilta 1968–78, vuoden 1978 hinnoissa mitattuna).*

## 4 MAHDOLLISIA SOVELLUSKOhteITA SUOMESSA

Liikenne-ennusteiden mukaan liikennemäärät kasvavat Suomessa seuraavan kahdenkymmenen vuoden ajan. On siis aiheellista harkita tarkkaan, rakenne- taanko uusia teitä ylläpitämään palvelutasoa vai hyödynnetäänkö liikenteen hallinnan ja ohjauksen tarjoamia mahdollisuuksia tiestön käytön tehostami- sessa. Ruuhkautuminen aiheuttaa jo nyt paineita liikennejärjestelmälle muutamilla alueilla. Syynä näihin paineisiin ovat moottoriteiden välityskyvyn ylittävät liikennemäärät. Pääkaupunkiseudulla ruuhkautuminen aiheuttaa ongelmia erityisesti Pasilassa ja Länsiväylällä Espoosta Helsinkiin.

### Pasilanväylä

Pasilan alueen liikennesuunnittelu on käynnissä m.m Pasilanväylä-projektin osalta. Koko projekti on mittakaavaltaan suuri. Liikenteen hallinta- ja ohjaus- järjestelmä on vain yksi osa kokonaisuutta. Suunnittelussa on mukana ramppiohjauksen lisäksi muuttuvat opasteet, liikenteen valvonta, linja-auto- kaistat, liikenteen informaatiojärjestelmä ja häiriöiden havaitsemisjärjestelmät. Liikenteen hallinta- ja ohjausjärjestelmän suunnittelun tulee olla luonnollinen osa isoa projektia, kuten Pasilanväylä.

Pasilanväylän vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen ja vaihtoehtoisten reittien valintaan tulee olemaan suuri. Liikenteen hallinta vaatii, että koko aluetta käsitellään kokonaisuutena. Tähän sisältyvät mm. liikenteen seuranta ja ohjaus väylän ympäristössä, liittymissä ja vaihtoehtoilla reiteillä, liikenteen



ohjauksen koordinointi alueellisen ohjauskeskuksen välityksellä, tiedonsiirtoyhteydet keskuksen ja kentällä olevan laitteiston välillä jne.

Väylälle suunnitellaan kahta tunnelia, joista toisen pituus on 1300–1900 m ja toisen 2000 m. Tunnelien pelastusjärjestelyt on suunniteltava. Kaikki pelastustoimen hoitoon osallistuvat yksiköt kuten palolaitos, poliisi, radio ja liikenteen ohjauskeskus täytyy saada ymmärtämään, miten toimitaan esim., kun tunnelissa sattuu tulipalo tai onnettomuus. Pelastussuunnitelmaan täytyy sisällyttää myös hätäpoistumistiet, ilmastoinnin ohjaus ja kaistojen sulkemismahdollisuus jne.

Täytyy myös varautua tarjoamaan vaarallisten aineiden kuljetuksille vaihtoehtoisia reittejä. Tunneleihin liittyvät turvallisuusnäkökohdat ovat tärkeitä ja ne saattavat myös olla hyvin kalliita toteuttaa.

Kuten aikaisemmin on todettu, edellä on käsitelty paljon muutakin kuin ramppiohjausta. Näin laajan liikenteen hallintajärjestelmän toteuttaminen tulee olemaan vaativa tehtävä. Järjestelmän suunnittelua ja toteuttamista helpottaisi, jos asiasta hankittaisiin kokemusta toteuttamalla ensin pienempi järjestelmä.

### **Länsiväylä**

Länsiväylän liikennekysyntä on erittäin suuri. Viimeisimmät tielaitoksen tekemät liikennelaskennat osoittavat, että liikenteen määrät ovat erittäin suuria ruuhka-aikoina. Tehdyt havainnot vahvistavat, että nämä liikennetiheydet ovat tarpeeksi suuria aiheuttamaan säännöllisesti ongelmia liikennevirralle. Seurauksena ovat ruuhkat ja pysähtelevä liikenne moottoritiellä.

Vuonna 1991 alkanut Länsiväylän parannustyö ei lisää liikenteen välityskykyä Tapiolasta ja Otaniemestä itään päin. Koska alueella ei ole vaihtoehtoisia reittejä ja koska alueen liikennemäärien ei ennusteta laskevan, alueesta tulee todennäköisesti aamuruuhkatuntien liikenteen pullonkaula. Aamuruuhkatunnin suurimmat liikennemäärät ovat Matinkylän ja Lemissaareen välillä. Ratkaisu ongelmaan olisi liittyvän liikenteen hallinta ylävirran rampeilla. Seuraavassa esitetään muutamia järjestelmää koskevia ehdotuksia:

### **Aamun ruuhkatunnin järjestelmä**

Kaikki aamun ruuhkatunnin liikenteen edistämistoimet pitäisi keskittää Tapiolasta Helsinkiin päin menevän liikenteen ruuhkien lieventämiseen. Katajharjun Lauttasaareen menevän rampin uudelleen avaamista (8) ja bussikäytön sallimista työmatkaliikenteelle on ehdotettu. Nämä ehdotukset tuntuvat kuitenkin olevan poliittisesti vaikeita.

Vaihtoehtona voisi olla ylävirran liikennevirran säätely vähentämään liikennemääriä Otaniemessä ja Tapiolassa. Tämä tehtäisiin toteuttamalla ramppiohjaus Niittykummun ja Espoonlahden välisellä alueella. Näillä rampeilla geometria on hyvä ja pienillä ramppilevennyksillä saataisiin jonotilaa lisää. Tämän alueen hyvänä puolena on myös se, että sillä on vaihtoehtoinen reitti Martin sillantie – Kuitinmäentie – Merituulentie. Tämän alueen liikenne vaikuttaa huomattavasti ruuhkiin välillä Otaniemi–Katajajarju.

Aluetta koskeva liikennetutkimus tarjoaisi ajantasalla olevaa tietoa liikennemääristä sekä ajoneuvojen lähtö- ja määräpaikoista. Tämän informaation avulla voitaisiin määritellä alueet, joilla liikennetiheys on suuri. Tietoa voitaisiin käyttää myös järjestelmäanalyysin tekemiseen ja kehittämään ohjausalgoritmeja. Järjestelmän suunnitteluun tarvitaan lisäksi tietoa alueen ramppien geometriasta sekä maasto-olosuhteista.

Parannusten seurauksena aamun ruuhkatunnin liikennevirrat olisivat tasaisempia, matka-ajat lyhenisivät hiukan ja onnettomuudet vähenisivät. Järjestelmän ei tarvitsisi olla suuri. Liikenteen hallinnan ja ohjauksen keinoin voidaan saavuttaa huomattavia tuloksia toteuttamalla ramppiohjaus pienellä ramppimäärällä edellä mainitulla alueella. Yksi tärkeimmistä asioista on riittävän odotustilan järjestäminen rampeille, jotta ohjaus ei vaikuta ympäristön katuverkon toimintaan. Eri ramppien ohjaus voidaan toteuttaa toisistaan erillään tai yhteenkytkettynä. Molemmissa tapauksissa järjestelmä voi toimia liikenneohjatusti. Keskustietokonetta ei tarvita, vaan järjestelmä voi toimia ohjauskojeiden avulla.

### **Iltaruuhkatunnin järjestelmä**

Lemissaareissa on suurimmat länteen menevät liikennemäärät iltaruuhkatunteina. Liikennemäärät ylittävät 4000 ajon/h tässä pisteessä (8). Ramppiohjaus yhdellä rampilla Lemissaaresta länteen menevälle liikenteelle iltaisin olisi riittävä ratkaisu parantamaan tässä pisteessä liittyvän liikenteen aiheuttamia ongelmia. Yhden ohjauksen investointikustannukset olisivat noin 500 000 mk. Myös tämä ramppiohjaus voisi toimia liikenneohjatusti. Ramppiohjausta käytettäisiin ainoastaan silloin, kun Länsiväylän liikennemäärät sitä edellyttävät. Myöskin tässä tapauksessa paikallinen ohjauskoje pystyisi takaamaan järjestelmän toiminnan, eikä keskusohjausta tarvittaisi.

Lemissaareen liittyy kuitenkin useita erityispiirteitä. Ensimmäinen näistä on länteen menevän liittymisrampin erittäin tiukka geometria. Rampilla on geometrian vuoksi hyvin vähän odotustilaa Länsiväylälle meneville ajoneuvoille. Tästä seurauksena kiertoaikaa on lyhennettävä siten, että vihreän usein toistuvan valon avulla estetään jonottavaa liikennettä häiritsemästä Lemis-

saarentien ja Lauttasaarentien liittymän liikennettä. Säännöllinen kiertoajan lyhyys häiritäisi järjestelmän tehokasta toimintaa.

Saattaisi olla välttämätöntä sallia länteen menevän liikenteen käyttää Katajaharjuntien ramppia, jotta pystyttäisiin lieventämään kohtuutonta jonottamista Lemissaaressa. Näin luotaisiin liikenteelle vaihtoehtoinen reitti niitä tilanteita varten kun Lemissaaren jonot ovat pitkiä. Tämä edellyttäisi kuitenkin nykyisen, Katajaharjuntien rampin iltapäivisin sulkevan päätöksen muuttamista.



## LÄHDELUETTELO

1. Blay D.R., "Evaluation of the FREQ7PE motorway traffic simulation program," The Research and Development Branch Ontario Ministry of Transportation May 1988
2. Ahmed S.A., "Urban motorway traffic management technology," Journal of Transportation Engineering, Vol. 112, No. 4, July, 1986
3. Federal Highway Administration, "Traffic control systems handbook," U.S. Department of Transportation, Washington D.C., 1985
4. Hyytiäinen E., "Muuttuvat opasteet," Tie ja Liikenne 90, Rantasipi Ikituuri, Turku, 1990
5. Owens D. & Schofield M.J., "Motorway access control: implementation and assessment of Britain's first ramp metering scheme," TRRL Research Report 252, 1990
6. Banks J.H., "Performance measurement for centrally-controlled, traffic-responsive ramp metering systems final report," Civil Engineering Department San Diego State University, 1987.
7. "Ramp control on I-35E," Minnesota Department of Transportation, Office of Traffic Engineering, August 1978.
8. Pursula M., "Liikenteen ruuhkaongelmat - mitä voidaan tehdä," Tie Ja Liikenne 90 Luentopäivät, Rantasipi Ikituuri, Turku, 1990
9. Pursula M., "Ramppiliikenteen suuntautuminen ja matka - ajat länsiväylällä keväällä 1985," Liikennetekniikka, Teknillinen Korkeakoulu Otaniemi, 1986
10. Pursula M., Lyly S., Enberg Å., "Länsiväylän liikennevirta - tutkimukset," Liikennetekniikka, Teknillinen Korkeakoulu Otaniemi, 1988
11. "Espoon syyskuun 1988 liikennelaskentojen analysointi," Espoo Kaupunkisuunnitteluvirasto, Liikennesuunnitteluosasto, 1989
12. Pursula M., "Ramppiliikenteen säännöstelyn mahdollisuudet länsiväylällä," Tie ja liikenne luentopäivät, Finlandia-talo, Helsinki 1985.

## KUVALUETTELO

1. Kuva 2.1 Ruuhkautuminen ja liikennevirran ja -tiheyden välinen suhde
2. Kuva 2.2 Liikenteenohjausjärjestelmän kehityskiertokulku
3. Kuva 2.3 Esimerkki kiertoajan laskemisesta
4. Kuva 2.4 Aikaohjattu ramppiohjauksen ohjausalgoritmi
5. Kuva 2.5 Liikenneohjatun ramppiohjauksen ohjausalgoritmi
6. Kuva 2.6 Ramppiohjauksessa käytettäviä laitteita
7. Kuva 2.7 Yhteenkytketty ramppiohjaus
8. Kuva 2.8 Birminghamin yhden rampin järjestelmä M6:lla (5)
9. Kuva 2.9 San Diegon ramppiohjausjärjestelmän sijainti (4)

## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 16/1991 Paristotyyppin ja ympäristön lämpötilan vaikutus varoitusvilkun toimintaan. TIEL 3200014
- 17/1991 The Effect of Battery Type and Ambient Temperature on the Operation of Warning Flashers. TIEL 3200015E
- 18/1991 Pohjaveden suojaus maatiivisteellä tien luiskassa. TIEL 3200017
- 19/1991 Liikennetunnelien kuivatus- ja lämpöeristysrakenteet. TIEL 3200018
- 20/1991 Kunnossapidon tuloksen mittaus. TIEL 3200019
- 21/1991 Tiesuolauksen vaikutus pohjaveteen Salpausselän alueella. TIEL 3200020
- 22/1991 Tiekohtaiset nopeusrajoitukset ja onnettomuudet 1984 - 1988. TIEL 3200021
- 23/1991 Kiertoliittymät ja niiden välityskyky. TIEL 3200022
- 24/1991 Teiden kantavuusvaihtelut 1987-89. TIEL 3200023
- 25/1991 Tierakenteen kantavuusvaihtelu ja laskennalliset kantavuudet. TIEL 3200024
- 26/1991 Joukkoliikenne; Kirjallisuusselvitys ja -referaatit. TIEL 3200025
- 27/1991 Kauhavan taajamatien saneerauksen vaikutukset. TIEL 3200026
- 28/1991 Kuormausjärjestelyt teiden kunnossapidossa. TIEL 3200027
- 29/1991 Collisions with Road Structures and Appurtenances. TIEL 3200028E
- 30/1991 Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus. TIEL 3200029
- 31/1991 Polttoaineen hinnannousun vaikutus autonkäyttöön. TIEL 3200030
- 32/1991 Liikenneonnettomuuksien aikasarjaennuste vuodelle 1991. TIEL 3200031
- 33/1991 Hirvieläinonnettomuudet yleisillä teillä 1990. TIEL 3201921-91
- 34/1991 Hankasalmen ja Kauhavan taajamakuvatarkastelu. TIEL 3200032
- 35/1991 Tietullit ja kiinteät tienkäyttömaksut, optimaalinen maksujärjestelmä tieliikennesektorille. TIEL 3200033
- 36/1991 Kansalaisten osallistuminen tiensuunnitteluun; Muurla-Lohjanharju vaihtoehtoselvityksen arviointi. TIEL 3201870
- 37/1991 Rautatien tasoristeysonnettomuudet yleisillä teillä 1990. TIEL 3201870
- 38/1991 Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1991
- 39/1991 Mittausautomaation hyödyntäminen maarakennuskoneiden ohjauksessa. TIEL 3200035
- 40/1991 Ramppiohjausselvitys. TIEL 3200036
- 41/1991 Ramps Metering Review. TIEL 3200037E

ISBN 951-47-4990-1  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200036